

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 100 10 564 C 1

51 Int. Cl.7:
E 04 C 5/12
F 16 G 11/12

21 Aktenzeichen: 100 10 564.5-25
22 Anmeldetag: 3. 3. 2000
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 5. 7. 2001

DE 100 10 564 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Kollegger, Johann, Prof. Dr.-Ing., 34121 Kassel, DE

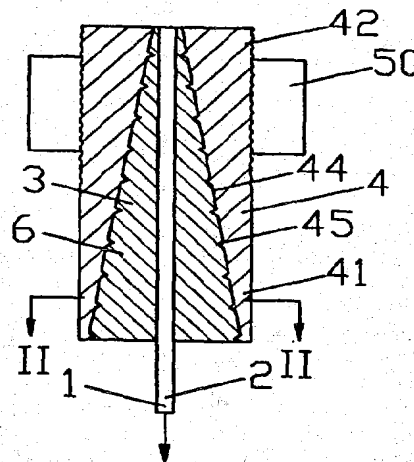
72 Erfinder:
gleich Patentinhaber

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
WO 95 29 308 A1
DE-Z. "Bauingenieur", Bd. 73 (1998), Nr. 6, S. 301;

kein Keil!

54 Verankerung für ein Zugelement aus Faserverbundwerkstoff

57 Die Verankerung für ein vorgespanntes oder belastetes Zugelement (2) aus Faserverbundwerkstoff besteht aus einer Ankerbüchse (4) und aus einem Ankerkörper (6), der aus einem aushärtbaren Vergußmaterial (3) hergestellt wird.
Eine gleichmäßige Verteilung der Schubspannungen entlang des Zugelements (2) wird durch die Aufweitung des Ankerkörpers (6) im lastnahen Teil (41) der Verankerung erreicht. Gleichzeitig wird dadurch die Querdrukbeanspruchung des Zugelements (2) im lastnahen Teil (41) der Verankerung im Vergleich zu zylindrischen und konischen Vergußverankerungen reduziert und damit der Wirkungsgrad der Verankerung gesteigert.



DE 100 10 564 C 1

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Verankerung für ein vorgespanntes oder belastetes Zugelement aus Faserverbundwerkstoff gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Die internationale Entwicklung läßt die zunehmende Anwendung von hochfesten, unidirektionalen Faserverbundwerkstoffen für vorgespannte Zugelemente (z. B. Schrägseile, Spannglieder, Verpreßanker) und belastete Zugelemente (z. B. Abhängungen, Zugstützen) erkennen.

Im Vergleich zu metallischen Zugelementen weisen Zugelemente aus Faserverbundwerkstoffen einen überlegenen Korrosionswiderstand und ein geringeres Gewicht auf.

Zugelemente aus Faserverbundwerkstoff bestehen aus endlosen, parallel angeordneten Fasern, die in eine Reaktionsharzmatrix eingebettet sind. Übliche Faserarten sind Kohlenstoff-, Glas- und Aramidfasern. Für die Matrix werden gemagerte Epoxidharze, ungesättigte Polyesterharze und Vinylsterharze verwendet.

Die Fasern weisen ein elastisches und sprödes Werkstoffverhalten auf. Die Matrix bewirkt die Vergleichmäßigung der Faserkräfte und die Kraftüberleitung von gebrochenen zu intakten Fasern durch Verbund. Darüber hinaus reduziert die Matrix die Querdrukempfindlichkeit der Fasern.

Die Herstellung von Zugelementen aus Faserverbundwerkstoff erfolgt durch Pultrusion. Hauptsächlich werden kreisrunde Drähte und Stäbe sowie Litzen aus Einzeldrähten erzeugt. Ein Zugglied kann aus mehreren Zugelementen und einem Hüllrohr zum Schutz vor Wasserzutritt und UV-Strahlung bestehen.

Zugelemente aus Faserverbundwerkstoff sind mechanisch anisotrop. Hervorragenden Materialeigenschaften wie hoher Zugfestigkeit und Steifigkeit in Längsrichtung stehen um ein Vielfaches geringere Festigkeiten in Querrichtung gegenüber.

In der Verankerung für ein Zugelement aus Faserverbundwerkstoff tritt im Zugelement eine mehrachsige Beanspruchung auf. Die Kraftüberleitung vom Zugelement über den Ankerkörper zur Ankerbüchse erfolgt über Schub- und Querdrukspannungen. Wegen der Querdrukempfindlichkeit des Zugelements tritt in der Verankerung eine Reduktion der Tragfähigkeit im Vergleich zur freien Strecke außerhalb der Verankerung auf. Das Verhältnis von Tragfähigkeit des Zugelements in der Verankerung zur Tragfähigkeit des Zugelements auf der freien Strecke wird als Wirkungsgrad der Verankerung bezeichnet.

Unterschiedliche Verankerungen für Zugelemente aus Faserverbundwerkstoff wurden in der Vergangenheit entwickelt. Es kann zwischen Klemmplattenverankerungen, zylindrischen Vergußverankerungen und konischen Vergußverankerungen unterschieden werden.

In Klemmplattenverankerungen wird die Zugkraft über Reibungsverbundspannungen vom Zugelement auf die Klemmplatten übertragen. Der Anpreßdruck der Klemmplatten kann unter Berücksichtigung der Querdrukempfindlichkeit der Zugelemente aus Faserverbundwerkstoff so eingestellt werden, daß der Anpreßdruck im lastnahen Teil der Verankerung kleiner ist als im lastfernen Teil. Dadurch wird eine gleichmäßige Kraftübertragung und damit ein hoher Wirkungsgrad der Verankerung erreicht. Relativverschiebungen zwischen Zugelement und Klemmplatten können bei Klemmplattenverankerungen zu einem Versagen der Verankerung unter dynamischer Beanspruchung führen. Wegen der aufwendigen Verankerungstechnik und der Gefahr eines frühzeitigen Versagens unter dynamischer Belastung haben sich Klemmverankerungen nicht durchgesetzt.

In zylindrischen Vergußverankerungen treten im lastna-

hen Teil der Verankerung höhere Schubspannungen zwischen Zugelement und Vergußmasse auf als im lastfernen Teil. Durch das Aufbringen eines äußeren Querdruks mittels komplizierter Vorrichtungen könnte eine gleichmäßigere Kraftübertragung erreicht werden.

Die Ausführung einer zylindrischen Vergußverankerung als Klemmhülsenverankerung wird von Rostasy in der Zeitschrift Bauingenieur, Band 73, (1998), Nr. 6, Seite 301, beschrieben. Bei dieser Verankerung wird das Zugelement aus Faserverbundwerkstoff in einer Stahlhülse mit einem Vergußmaterial durch Klebeverbund und Keile verankert. Diese Verankerung bewirkt eine starke Abnahme der Zugkraft im Bereich der Keilverankerung, weil durch den Querdruk höhere Schubspannungen übertragen werden. Eine gleichmäßige Übertragung der Zugkraft vom Zugelement in die Verankerung ist somit mit der Klemmhülsenverankerung trotz ihrer aufwendigen Bauweise nicht möglich.

Der Querdruk in konischen Vergußverankerungen erhöht die aufnehmbare Schubspannung zwischen Zugelement und Ankerkörper, kann aber auch zur frühzeitigen Zerstörung des Zugelements in der Verankerung führen, weil Faserverbundwerkstoffe querdrukempfindlich sind.

In der WO 95/29308 A1 (PCT/CH95/0080) ist eine konische Vergußverankerung für Zugelemente aus Faserverbundwerkstoff beschrieben, die aus einer Ankerbüchse mit konischer Innenform und einem zwischen Ankerbüchse und Zugelementen angeordnetem Ankerkörper aus einer Vergußmasse besteht. Als Vergußmasse wird ein Gradientenwerkstoff eingesetzt. Beim Eintritt des Zugelements in die Verankerung ist der Elastizitätsmodul der Vergußmasse gering und nimmt zum lastfernen Teil der Verankerung kontinuierlich zu. Mit dieser abgestuften Ausführung des Ankerkörpers wird eine gleichmäßigere Kraftübertragung vom Zugelement auf die Ankerbüchse erreicht, allerdings ist das Herstellen des Vergußmaterials in mehreren Schichten ein aufwendiger Prozeß.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Verankerung für ein oder mehrere Zugelemente aus Faserverbundwerkstoff zu schaffen, die gegenüber den bekannten Ausführungen einfacher herzustellen ist und eine gleichmäßigere Kraftübertragung vom Zugelement auf die Ankerbüchse sowie ein gutes Verhalten unter dynamischer Beanspruchung gewährleistet.

Erfindungsgemäß erfolgt die Lösung dieser Aufgabe durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 1 aufgeführten Merkmale.

Eine gleichmäßige Verteilung der Schubspannungen entlang des Zugelements wird durch die Aufweitung des Ankerkörpers im lastnahen Teil der Verankerung erreicht. Gleichzeitig wird dadurch die Querdrukbeanspruchung des Zugelements im lastnahen Teil der Verankerung im Vergleich zu zylindrischen und konischen Vergußverankerungen reduziert und damit der Wirkungsgrad der Verankerung gesteigert.

Weitere bevorzugte Merkmale der erfindungsgemäßen Verankerung gehen aus den Unteransprüchen hervor. Einzelheiten und Ausgestaltungen der Erfindung sind der folgenden Beschreibung zu entnehmen, in der die Erfindung anhand des in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher beschrieben und erläutert ist.

Es zeigt

Fig. 1 einen Längsschnitt einer erfindungsgemäßen Verankerung

Fig. 2 einen Querschnitt längs der Linie II-II in Fig. 1

Fig. 3 einen Längsschnitt einer zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Verankerung

Fig. 4 einen Längsschnitt einer dritten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Verankerung

Fig. 5 einen Längsschnitt einer vierten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Verankerung

Fig. 6 einen Längsschnitt einer fünften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Verankerung

Fig. 7 einen Querschnitt längs der Linie VII-VII in **Fig. 6**

Fig. 8 einen Längsschnitt einer sechsten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Verankerung

Fig. 9 einen Querschnitt längs der Linie IX-IX in **Fig. 8**

Fig. 10 einen Längsschnitt einer siebten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Verankerung

Fig. 11 einen Querschnitt längs der Linie XI-XI in **Fig. 10**
Im folgenden wird zunächst auf die **Fig. 1** und **2** Bezug genommen.

Ein Längsschnitt durch eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Verankerung ist in der **Fig. 1** dargestellt.

Die Ankerbüchse **4** wird üblicherweise aus Stahl mittels Fräswerkzeugen oder aus Stahlguß hergestellt. Sie könnte jedoch auch aus Faserverbundwerkstoff bestehen. Die in **Fig. 1** dargestellte Verankerung ist an der Außenseite über ein Gewinde mit einer Ringmutter **50** verbunden.

Der Ankerkörper **6** besteht aus einem aushärtbaren Vergußmaterial **3**. Gutes Verbundverhalten zwischen dem Zugelement **2** und dem Ankerkörper **6** ist erforderlich, um die Zugkraft vom Zugelement **2** auf den Ankerkörper **6** zu übertragen.

Der Ankerkörper **6** der in **Fig. 1** dargestellten Verankerung weist die Form eines Kegelstumpfes auf. In einem Querschnitt durch den lastnahen Teil **41** der Verankerung gemäß **Fig. 2** weist der Ankerkörper **6** eine größere Querschnittsfläche auf als in einem Querschnitt im lastfernen Teil **42** der Verankerung. Durch diese geometrische Formgebung des Ankerkörpers **6** wird erreicht, daß die Verbundspannungen zwischen Zugelement **2** und Ankerkörper **6** gleichmäßiger verteilt sind als in einer zylindrischen oder konischen Vergußverankerung.

Die Ankerbüchse **4** dient als Form für die Fertigung des Ankerkörpers **6**. Die innere Mantelfläche **44** der Ankerbüchse **4** muß so beschaffen sein, daß der Ankerkörper **6** bei Belastung des Zugelements **2** nicht aus der Ankerbüchse **4** gezogen wird. Eine geeignete Bearbeitung der inneren Mantelfläche **44** der Ankerbüchse **4** könnte aus einer Profilierung **45** der Oberfläche bestehen.

In **Fig. 3** ist ein Längsschnitt der erfindungsgemäßen Verankerung gemäß der **Fig. 1** in einer abgewandelten Ausführungsform dargestellt. Die innere Mantelfläche **44** der Ankerbüchse **4** ist mit Abtreppungen **46** versehen, auf die sich der Ankerkörper **6** bei Belastung des Zugelements **2** abstützt. Durch eine geeignete Formgebung der Abtreppungen **46** bezüglich Abstand und Neigung zum Zugelement **2** kann der Schubspannungsverlauf entlang des Zugelements **2** beeinflusst werden.

In **Fig. 4** ist ein Längsschnitt der erfindungsgemäßen Verankerung gemäß der **Fig. 1** in einer abgewandelten Ausführungsform dargestellt. Die Fläche des Ankerkörpers **6** normal zum Zugelement **2** nimmt im lastnahen Teil der Verankerung **41** stetig ab und ist im lastfernen Teil **42** konstant. Diese Verankerung stellt somit eine Erweiterung der bekannten zylindrischen Vergußverankerungen dar. Die bei zylindrischen Verankerungen auftretende Erhöhung der Schubspannung im lastnahen Teil **41** der Verankerung wird durch die Aufweitung des Ankerkörpers **6** gemäß **Fig. 4** abgebaut. Die Ankerbüchse **4** der in **Fig. 4** dargestellten Verankerung weist eine Profilierung **45** der inneren Mantelfläche **44** auf und gibt die Kraft auf eine Ankerplatte **60** ab.

In **Fig. 5** ist ein Längsschnitt der erfindungsgemäßen Verankerung gemäß der **Fig. 1** in einer abgewandelten Ausführungsform dargestellt. Die innere Mantelfläche **44** der Ankerbüchse **4** weist nur eine Abtreppung **46** auf, die einen we-

sentlichen Teil der Kraft aufnimmt. Der verbleibende Teil der Kraft wird über den Ankerkörper **6** auf die Profilierung **45** der inneren Mantelfläche **44** der Ankerbüchse **4** abgegeben.

In **Fig. 6** ist ein Längsschnitt der erfindungsgemäßen Verankerung gemäß der **Fig. 1** in einer abgewandelten Ausführungsform dargestellt. Das Zugglied **1** besteht aus drei Zugelementen **2** aus Faserverbundwerkstoff, die in einem konischen Ankerkörper **6** eingebettet sind. Die Wanddicke **43** im lastnahen Teil **41** der Ankerbüchse **4** ist bei dieser Verankerung so dünn ausgebildet, daß durch die Nachgiebigkeit der Ankerbüchse **4** eine Beeinflussung des Schubspannungsverlaufs zwischen Zugelement **2** und Ankerkörper **6** erreicht wird. Ein Schnitt längs der Linie VII-VII durch den lastnahen Teil **41** der Verankerung ist in **Fig. 7** dargestellt.

In **Fig. 8** ist ein Längsschnitt der erfindungsgemäßen Verankerung gemäß der **Fig. 1** in einer abgewandelten Ausführungsform dargestellt. Das Zugglied **1** besteht aus drei Zugelementen **2** aus Faserverbundwerkstoff. Jedes Zugelement **2** ist in jeweils einem konischen Ankerkörper **6** eingebettet. Die Ankerkörper **6** sind bei dem Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 8** parallel zur Achse des Zugglieds **1** angeordnet. Ein Schnitt längs der Linie IX-IX durch die Verankerung ist in **Fig. 9** dargestellt.

In **Fig. 10** ist ein Längsschnitt der erfindungsgemäßen Verankerung gemäß der **Fig. 1** in einer abgewandelten Ausführungsform dargestellt. Das Zugglied **1** besteht aus sechs Zugelementen **2** aus Faserverbundwerkstoff. Die Ankerbüchse **4** weist am lastfernen Ende eine Platte **70** auf, an der ein lastaufnehmendes Element **80** befestigt ist. Die Zugelemente **2** geben die Kraft über Verbundspannungen an den im lastnahen Teil **41** aufgeweiteten Ankerkörper **6** ab. Der Ankerkörper **6** überträgt die Zugkraft auf die innere Mantelfläche **44** und das lastaufnehmende Element **80**, das wie ein Dorn in den Ankerkörper **6** hineinragt. Ein Schnitt längs der Linie XI-XI durch die Verankerung ist in **Fig. 11** dargestellt.

Durch die Ausnutzung nichtlinearer Effekte wie z. B. des Kriechverhaltens des Vergußmaterials **3** unter erhöhter Temperatur kann eine weitere Vergleichmäßigung der Schubspannungen längs des Zugelements **2** erreicht werden. Dies kann vorzugsweise dadurch bewerkstelligt werden, daß die Verankerung nach dem Erhärten des Vergußmaterials **3** – insbesondere bei erhöhter Temperatur – durch eine über längere Zeit einwirkende konstante oder variable Zugkraft derart belastet wird, daß infolge von Kriechen des Vergußmaterials **3** eine gleichmäßigere Kraftübertragung vom Zugelement **2** auf die Ankerbüchse **4** erreicht wird.

Durch die Formgebung des Ankerkörpers **6** in Kombination mit einem Vergußmaterial **3**, das unterschiedliche Festigkeiten bei Druck- und Zugbeanspruchung aufweist, kann der Spannungszustand in der Verankerung gezielt beeinflusst werden.

Die Form des Ankerkörpers **6** ist nicht beschränkt auf die in **Fig. 1** bis **11** dargestellten Formen. Insbesondere könnten auch im Querschnitt nicht kreisförmige Verankerungskörper **6** ausgebildet werden, die eine Übertragung der Zugkraft mit längs des Zugelements **2** gleichförmig verteilten Schubspannungen ermöglichen.

Bezugszeichenliste

- 1 Zugglied
- 2 Zugelement
- 3 Vergußmaterial
- 4 Ankerbüchse
- 6 Ankerkörper aus ausgehärtetem Vergußmaterial (3)
- 41 lastnaher Teil der Ankerbüchse (4)
- 42 lastferner Teil der Ankerbüchse (4)

43 Wanddicke der Ankerbüchse (4)

44 innere Mantelfläche der Ankerbüchse (4)

45 Profilierung der inneren Mantelfläche (44)

46 Abtreppung der inneren Mantelfläche (44)

50 Ringmutter

5

60 Ankerplatte

70 Platte

80 lastaufnehmendes Element

Patentansprüche

10

1. Verankerung für ein vorgespanntes oder belastetes Zuelement aus Faserverbundwerkstoff, in der die Zugkraft des Zuelements über einen Ankerkörper aus ausgehärtetem Vergußmaterial auf eine Ankerbüchse übertragen wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die innere Mantelfläche (44) der Ankerbüchse (4) profiliert oder gerippt ausgebildet ist oder mit Wülsten, Einzügen, Abtreppungen, Vertiefungen oder Ausbuchtungen versehen ist und daß der Querschnitt des Ankerkörpers (6) normal zur Achse des Zuelements (2) im lastnahen Teil (41) der Ankerbüchse (4) einen Maximalwert aufweist und im lastfernen Teil (42) kleiner ist.

15

20

2. Verankerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwei oder mehr als zwei Zuelemente (2) verankert sind.

25

3. Verankerung nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ankerbüchse (4) zwei oder mehr als zwei Ankerkörper (6) zur Aufnahme von Zuelementen (2) aufweist.

30

4. Verankerung nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das lastferne Ende (42) der Ankerbüchse (4) aus einer Platte (70) besteht und daß an dieser Platte (70) lastaufnehmende Elemente (80) parallel zu den Zuelementen (2) befestigt sind.

35

5. Verankerung nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Zugfestigkeit des ausgehärteten Vergußmaterials (3) des Ankerkörpers (6) erheblich geringer ist als die Druckfestigkeit.

6. Verankerung nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die innere Mantelfläche (44) der Ankerbüchse (4) derart beschichtet ist, daß keine Zugspannungen vom Ankerkörper (6) auf die Ankerbüchse (4) übertragen werden.

40

7. Verankerung nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Wanddicke im lastnahen Teil (41) der Ankerbüchse (4) gering ist und zum lastfernen Teil (42) der Ankerbüchse (4) derartig abgestuft ist, daß bei der Übertragung der Zugkraft vom Zuelement (2) über den Ankerkörper (6) auf die Ankerbüchse (4) die Beanspruchung des Zuelements (2) beim Eintritt in den Ankerkörper (6) durch die Nachgiebigkeit im lastnahen Teil (41) der Ankerbüchse (4) reduziert wird.

45

50

8. Verankerung nach den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Ankerkörper (6) im lastfernen Teil (42) der Ankerbüchse (4) zylinderförmig ausgebildet ist.

55

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

60

65

- Leerseite -

Fig. 1

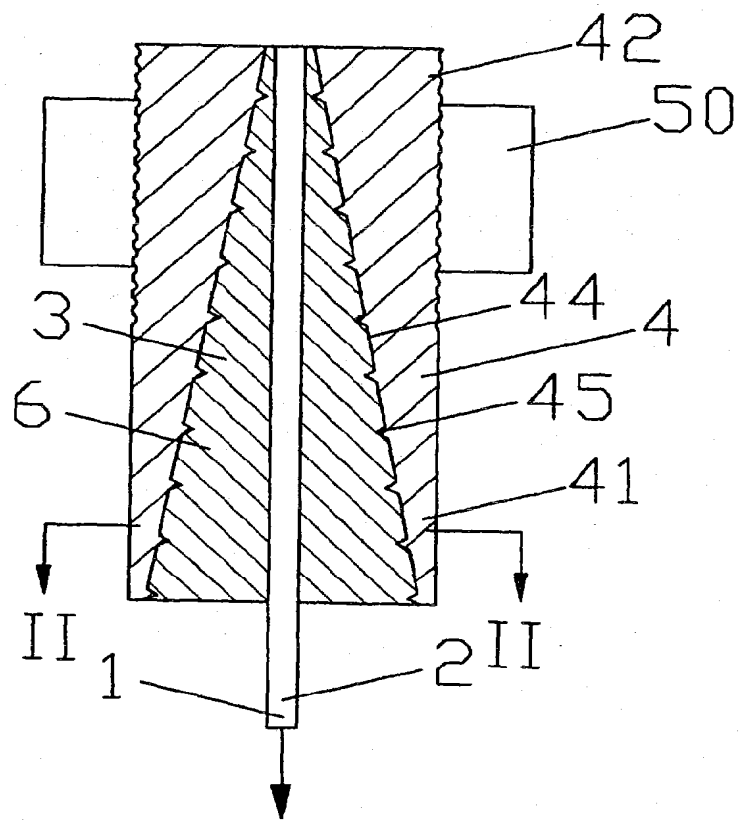


Fig. 2

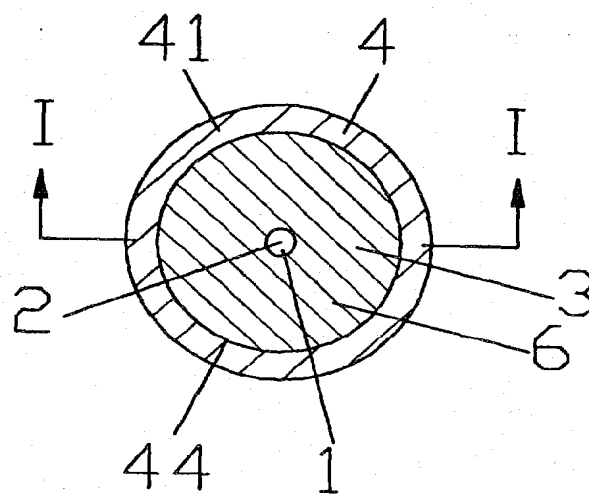


Fig. 3

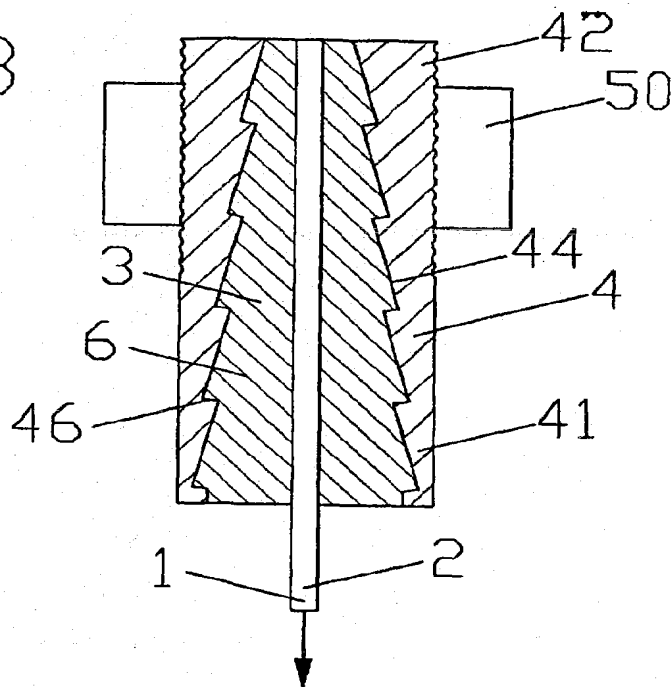


Fig. 4

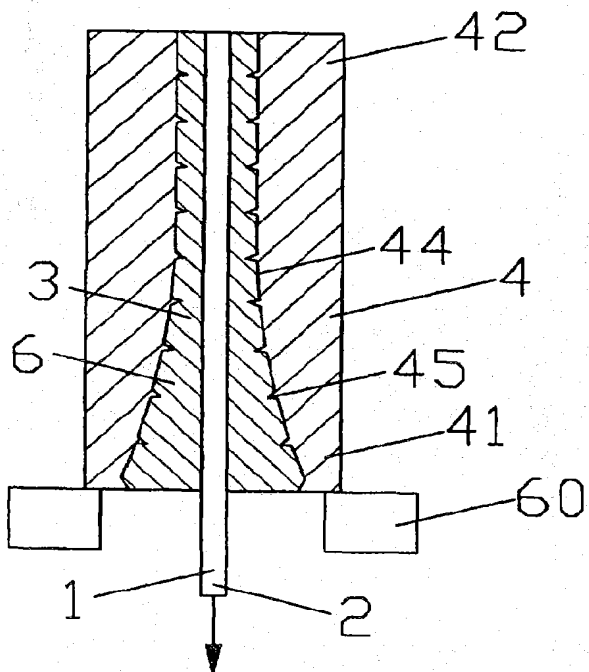


Fig. 5

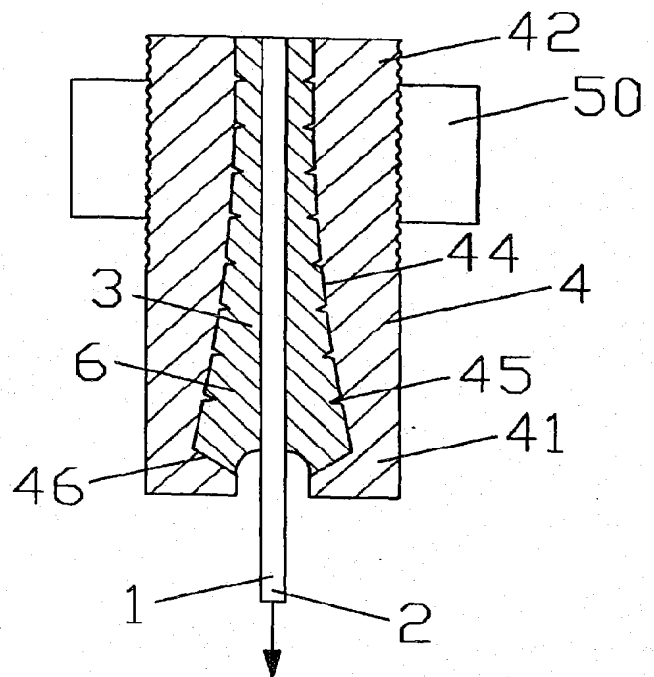


Fig. 6

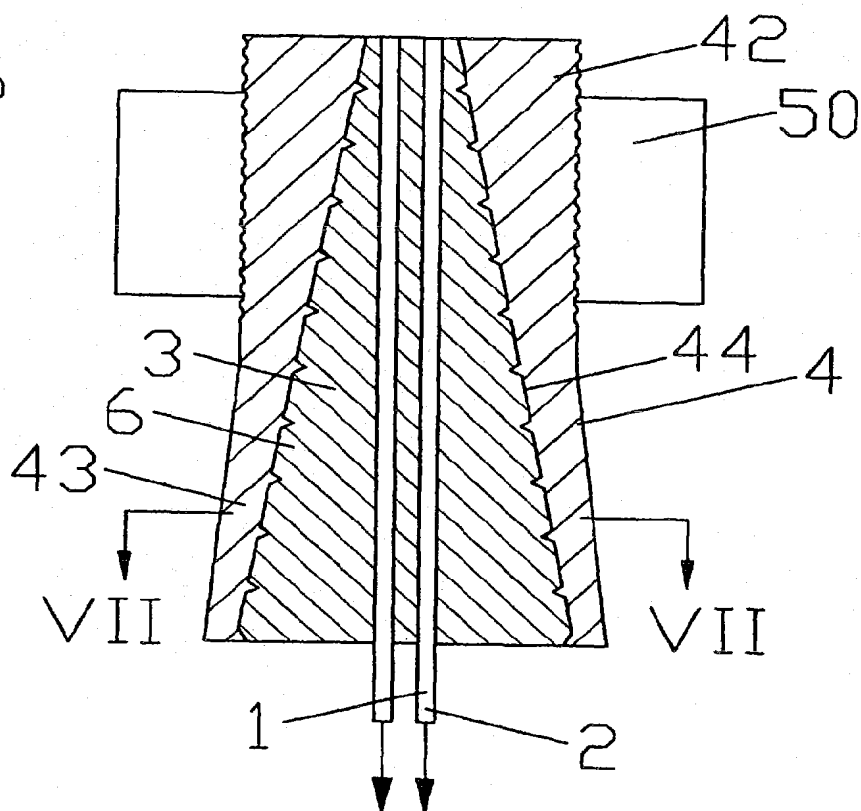


Fig. 7

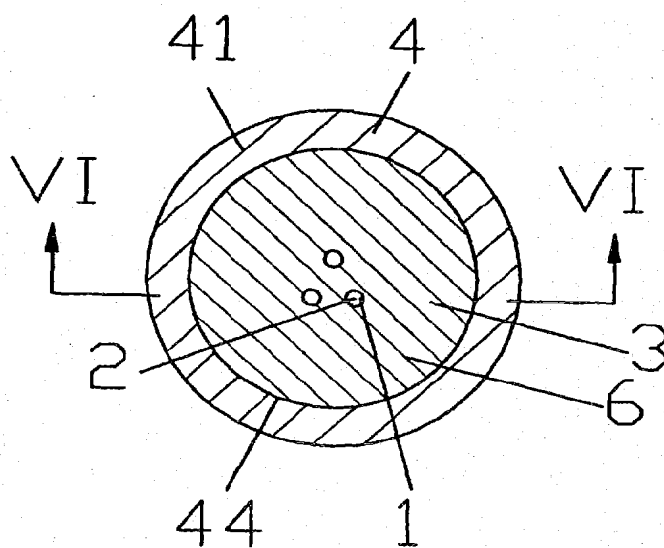


Fig. 8

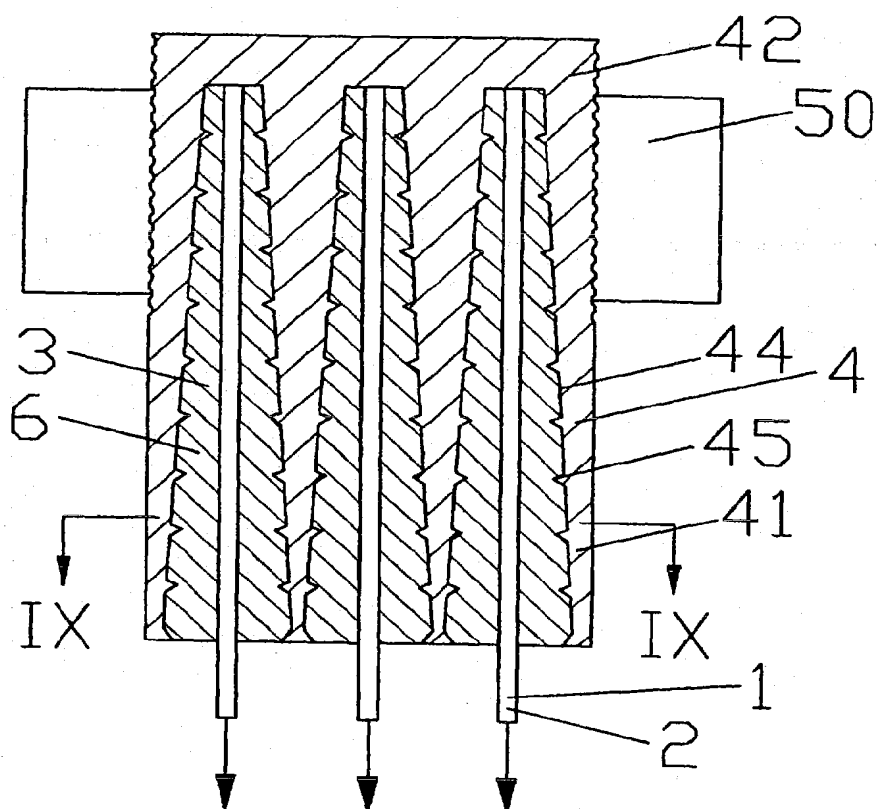


Fig. 9

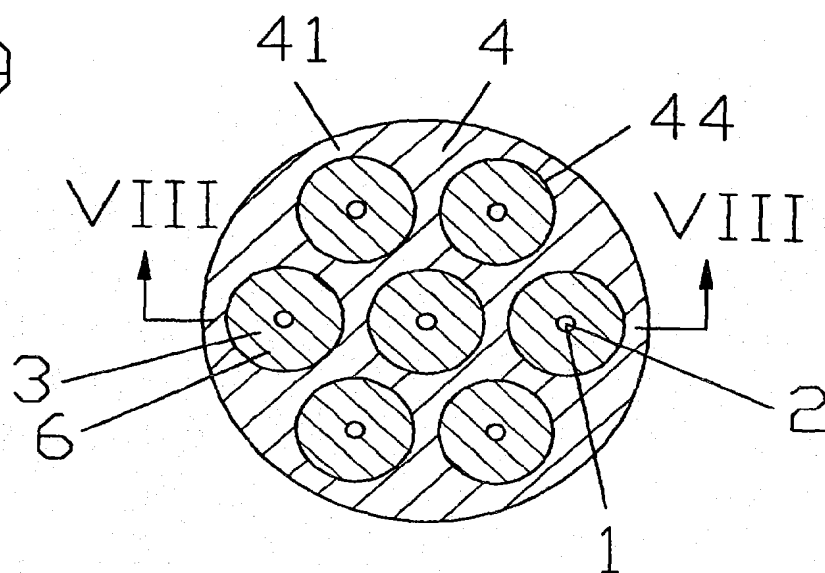


Fig. 10

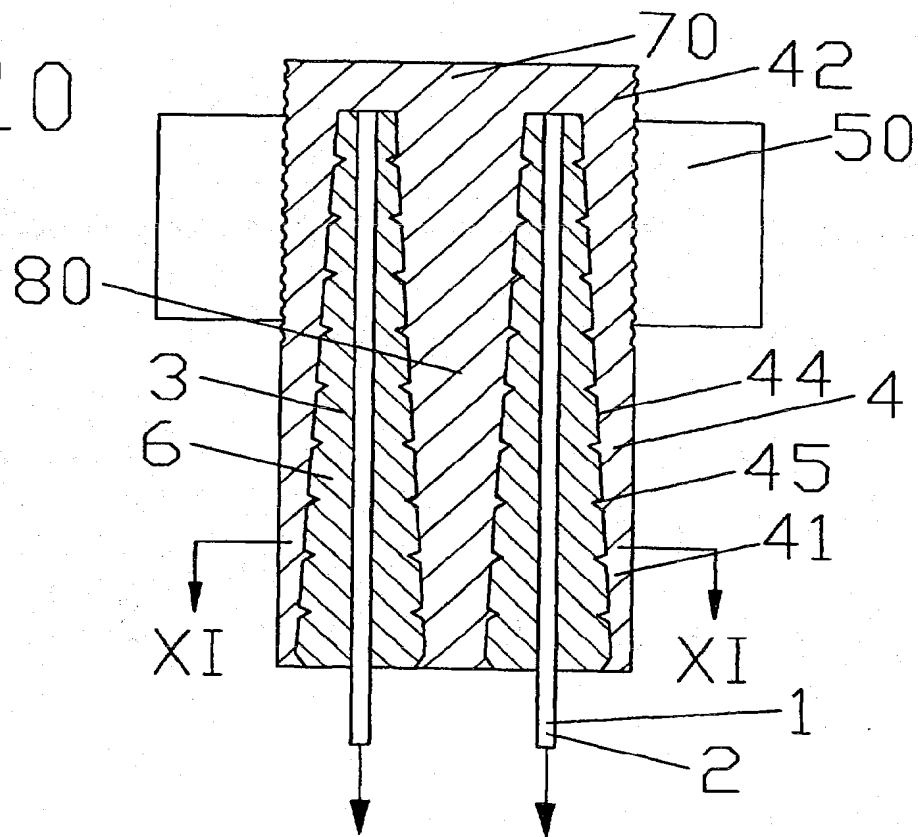


Fig. 11

